

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7266068号
(P7266068)

(45)発行日 令和5年4月27日(2023.4.27)

(24)登録日 令和5年4月19日(2023.4.19)

(51)国際特許分類	F I
H 1 0 B 43/27 (2023.01)	H 1 0 B 43/27
H 0 1 L 21/3065(2006.01)	H 0 1 L 21/302 1 0 5 A
H 1 0 B 41/27 (2023.01)	H 1 0 B 41/27
H 0 1 L 21/336(2006.01)	H 0 1 L 29/78 3 7 1
H 0 1 L 29/788(2006.01)	

請求項の数 19 外国語出願 (全10頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2021-108321(P2021-108321)	(73)特許権者	390040660
(22)出願日	令和3年6月30日(2021.6.30)		アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド
(62)分割の表示	特願2018-537462(P2018-537462)の分割		APPLIED MATERIALS, INCORPORATED
原出願日	平成29年1月4日(2017.1.4)		アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 0 5 4, サンタ クララ, パウアーズ アヴェニュー 3 0 5 0
(65)公開番号	特開2021-177557(P2021-177557 A)		3 0 5 0 Bowers Avenue
(43)公開日	令和3年11月11日(2021.11.11)		Santa Clara CA 9 5 0 5 4
審査請求日	令和3年7月28日(2021.7.28)		U . S . A .
(31)優先権主張番号	62/281,046	(74)代理人	110002077
(32)優先日	平成28年1月20日(2016.1.20)		園田・小林弁理士法人
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(72)発明者	クウォン, トーマス ジョンウォン
			アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 4 5
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 横方向ハードマスク凹部縮小のためのハイブリッドカーボンハードマスク

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に配置された一又は複数の材料層の上に堆積された第 1 のハードマスク及び第 2 のハードマスクをエッチングすることと、
エッチングされた前記第 1 のハードマスク、エッチングされた前記第 2 のハードマスク、及び前記一又は複数の材料層の上に、ホウ素がドーブされた炭素質ハードマスクを共形に堆積することと、
前記ホウ素がドーブされた炭素質ハードマスクは約 2 5 重量%を超えるホウ素と約 5 0 重量%を超える炭素を含む、炭素質ハードマスクを共形に堆積することと、
前記ホウ素がドーブされた炭素質ハードマスクの中の開口を通して前記一又は複数の材料層をエッチングすることと、
を含む基板処理方法。

【請求項 2】

前記一又は複数の材料層は、窒化ケイ素材料及び酸化ケイ素材料を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記窒化ケイ素材料及び前記酸化ケイ素材料は、積み重ねられた層を形成するため、交互の層に堆積される、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記積み重ねられた層は、約 4 8 を超える材料層を有する、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記第 1 のハードマスクは、炭素含有材料であり、前記一又は複数の材料層の上に接触して堆積される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記第 1 のハードマスクは、約 1 μm から約 2 μm までの厚さに堆積される、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記第 2 のハードマスクは、誘電体材料であり、前記第 1 のハードマスクの上に接触して堆積される、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 8】

前記誘電体材料は、ケイ素含有材料である、請求項 7 に記載の方法。

10

【請求項 9】

前記ケイ素含有材料は、二酸化ケイ素材料、窒化ケイ素材料、酸窒化ケイ素材料、或いはこれらの組み合わせである、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記第 2 のハードマスクは、約 50 μm から 200 μm までの厚さに堆積される、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 11】

前記第 1 のハードマスク及び前記第 2 のハードマスクをエッチングするために第 1 のエッチング処理を行うことは、フッ化炭素前駆体を用いたプラズマエッチング処理である、請求項 7 に記載の方法。

20

【請求項 12】

前記ホウ素がドーパされた炭素質ハードマスクは、約 5 nm から約 15 nm までの厚さを有する、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 13】

前記ホウ素がドーパされた炭素質ハードマスクは、窒素をふくむ炭窒化ホウ素材料である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 14】

前記炭窒化ホウ素材料の少なくとも約 80 原子%は、ホウ素、炭素及び窒素から形成される、請求項 13 に記載の方法。

30

【請求項 15】

前記炭窒化ホウ素材料は、前駆体としてジメチルアミンボランを用いた熱 CVD 処理によって堆積される、請求項 14 に記載の方法。

【請求項 16】

基板上に第 1 のハードマスクを堆積することと、
 前記第 1 のハードマスク上に第 2 のハードマスクを堆積することと、
 前記第 1 のハードマスク及び前記第 2 のハードマスクをエッチングするために第 1 のエッチング処理を行うことと、
 前記第 1 のハードマスク及び前記第 2 のハードマスクの上に、約 25 重量%を超えるホウ素と約 50 重量%を超える炭素を含む炭窒化ホウ素ハードマスクを堆積することと、
 前記炭窒化ホウ素ハードマスクの中の開口を通して前記基板をエッチングすることと、
 を含む、基板処理方法。

40

【請求項 17】

前記炭窒化ホウ素ハードマスクは、前記第 1 のハードマスク及び前記第 2 のハードマスクの上に共形に堆積される、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

基板上に配置された一又は複数の酸化物及び窒化物含有材料層の上に炭素質ハードマスクを堆積することと、
 前記炭素質ハードマスク上にケイ素含有誘電体ハードマスクを堆積することと、
 前記一又は複数の酸化物及び窒化物含有材料層、前記炭素質ハードマスク、及び前記ケ

50

イ素含有誘電体ハードマスクの上に、炭窒化ホウ素ハードマスクを堆積することによって、約 25 重量%を超えるホウ素と約 50 重量%を超える炭素を含む前記炭窒化ホウ素ハードマスクを堆積することと、

前記炭窒化ホウ素ハードマスクの中の開口を通して前記一又は複数の酸化物及び窒化物含有材料層をエッチングすることと、

を含む、基板処理方法。

【請求項 19】

前記炭窒化ホウ素ハードマスクの少なくとも約 80 原子%は、ホウ素、炭素及び窒素から形成されている、請求項 18 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[0001] 本開示の実装は概して、基板のパターニング及びエッチングに利用される方法及び材料に関する。より具体的には、本書に記載の実装はハイブリッドカーボンハードマスクに関する。

【背景技術】

【0002】

関連技術の説明

[0002] 集積回路は、単一チップ上に数百万個ものトランジスタ、コンデンサ、及び抵抗器が搭載されうる複雑なデバイスへと進化を遂げている。チップ設計の進化には、より高速な回路及びより高い回路密度が継続的に必要とされる。より高い回路密度を有するより高速な回路に対する要求は、このような集積回路の製造に使用される材料についても同様の要求を課している。特に、集積回路構成要素の寸法がサブミクロン単位まで小さくなるにつれ、このような構成要素に対して適切な電気的性能を得るためには、低抵抗率導電性材料並びに低誘電率絶縁材料を使用することが必要となることが多い。

【0003】

[0003] 集積デバイスパターンの特徴サイズが小さくなるにつれて、デバイス性能の安定性及び再現性に関しては、特徴の限界寸法 (CD) の要件がますます重要な基準になる。基板全体にわたって許容しうる CD の変動はまた、特徴 CD のスケールアップと共に増大する。横方向寸法のスケールアップは垂直方向寸法よりも速く、デバイスキャパシタンスの問題があるため、半導体業界内では高アスペクト比 (HAR) が現在一般的になっている。

【0004】

[0004] このような厳しいアスペクト比と CD 制御が、高度なエッチング選択性、側壁の平滑性、及び高いツールスループットの要求と組み合わせると、任意のハードウェア構成に対するプロセスウィンドウ (最適範囲) は非常に小さくなりうる。多くの場合、非常に高い RF バイアス電力など、極端なハードウェア設定と組み合わせられた複雑なエッチャント混合ガスに、幾つかの処理ガスが組み込まれるときには、側壁安定化処理やエッチング速度とマスク選択性との間の不安定なバランスを実現するため、プロセスウィンドウは小さくなる。しかしながら、このような小さなプロセスウィンドウは一般的に、現在利用可能なプロセスと材料によるエッチング処理では調整できない性能の限界に悩まされている。

【0005】

[0005] したがって、この技術分野では、ハードマスクの材料及び方法の改良が必要になっている。

【発明の概要】

【0006】

[0006] 一実装では、基板処理方法が提示される。この方法は、基板の上に配置された一又は複数の材料層の上に第 1 のハードマスクを堆積すること、及び、第 1 のハードマスクの上に第 2 のハードマスクを堆積することを含む。第 2 のハードマスクはパターニ

10

20

30

40

50

ングされてもよく、また、第1のハードマスクと第2のハードマスクをエッチングするため、第1のエッチング処理が実施されてもよい。第3のハードマスクは、一又は複数の材料層、第1のハードマスク、及び第2のハードマスクの上に共形に堆積されてよく、また、一又は複数の材料層をエッチングして、一又は複数の材料層にチャネルを形成するため、第2のエッチング処理が実施されうる。

【0007】

【0007】 別の実装では、基板処理方法が提示される。この方法は、基板の上に配置された一又は複数の酸化物及び窒化物含有材料層の上に第1のハードマスクを堆積すること、及び、第1のハードマスクの上に第2のハードマスクを堆積することを含む。第1のエッチング処理は、第1のハードマスクと第2のハードマスクをエッチングするために実施され、また、炭窒化ホウ素ハードマスクは、一又は複数の酸化物及び窒化物含有材料層、第1のハードマスク、及び第2のハードマスクの上に共形に堆積される。第2のエッチング処理は、一又は複数の酸化物及び窒化物含有材料層をエッチングして、一又は複数の酸化物及び窒化物含有材料層にチャネルを形成するために実施され、また、第2のエッチング処理は、 CH_4 、 N_2 、 O_2 、及びフッ素リッチ前駆体からなる群から選択された前駆体を用いるプラズマベースのエッチング処理である。

10

【0008】

【0008】 更に別の実装では、基板処理方法が提示される。この方法は、基板の上に配置された一又は複数の酸化物及び窒化物含有材料層の上に炭素質のハードマスクを堆積すること、及び、炭素質ハードマスクの上にケイ素含有誘電体ハードマスクを堆積することを含む。第1のエッチング処理は、炭素質ハードマスクとケイ素含有誘電体ハードマスクをエッチングするために実施され、また、炭窒化ホウ素ハードマスクは、一又は複数の酸化物及び窒化物含有材料層、炭素質ハードマスク、及びケイ素含有誘電体ハードマスクの上に共形に堆積される。第2のエッチング処理は、一又は複数の酸化物及び窒化物含有材料層をエッチングして、一又は複数の酸化物及び窒化物含有材料層にチャネルを形成するために実施され、また、第2のエッチング処理は、 CH_4 、 N_2 、 O_2 、及びフッ素リッチ前駆体からなる群から選択された前駆体を用いるプラズマベースのエッチング処理である。

20

【0009】

【0009】 本開示の上述の特徴を詳細に理解しうるように、上記で簡単に要約された本開示のより具体的な説明が、実装を参照することによって得られ、一部の実装は、付随する図面に例示されている。しかし、添付図面は例示的な実装のみを示すものであり、したがって、本開示の範囲を限定すると見なすべきではなく、その他の等しく有効な実装も許容されうることに留意されたい。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本書に記載の実装により、その上に形成された様々な材料を有する基板の一部の概略断面図を示す。

【図2】本書に記載の実装により、第1のエッチング処理後の基板の一部の概略断面図を示す。

40

【図3】本書に記載の実装により、共形に堆積後の基板の一部の概略断面図を示す。

【図4】本書に記載の実装により、第2のエッチング処理後の基板の一部の概略断面図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0011】

【0014】 理解を容易にするために、可能な場合には、図に共通する同一の要素を指し示すのに同一の参照番号を使用した。1つの実装の要素及び特徴は、更なる記述がなくとも、他の実装に有益に組み込まれることがあると想定されている。

【0012】

【0015】 本開示の実装は、基板のパターニング及びエッチングのためのハードマス

50

ク材料及び方法の改良に関する。高度なデバイス構造を可能にするため、パターンニング及びエッチング処理の組み合わせでは、複数のハードマスクが利用されうる。一実装では、様々な材料層がその上に配置された基板の上に、第1のハードマスクと第2のハードマスクが配置される。第2のハードマスクは、第1のエッチング処理中に第1のハードマスクをパターンニングするために利用されうる。第3のハードマスクは第1及び第2のハードマスクの上に配置され、材料層にチャンネルを形成するため、第2のエッチング処理が利用されうる。

【0013】

【0016】 図1は、本書に記載の実装により、その上に形成された様々な材料を有する基板102の一部の概略断面図である。基板102は一般的に、その上に様々な材料が堆積、或いは形成される下位層とみなされうる。基板102の好適な実施例には、用途に応じて、シリコン基板、シリコン・オン・インシュレータ(SOI)基板、炭素がドーブされた酸化ケイ素、窒化ケイ素、炭化ケイ素、ドーブされたケイ素、ゲルマニウム、ヒ化ガリウム、ガラス、サファイア、並びに金属、金属窒化物、金属炭化物、金属合金などの他の任意の材料、及びその他の導電材料などが含まれる。材料層104は基板102上に堆積されうる。材料層104は、一又は複数の第1の材料層106、及び一又は複数の第2の材料層108を含みうる。第1の材料層106及び第2の材料層108は、積み重ねられた層(層スタック)を形成するため、交互配置で堆積されうる。第1の材料層106及び第2の材料層108は、酸化ケイ素材料及び窒化ケイ素材料など、様々な酸化物及び窒化物材料から形成されうる。一実装では、第1の材料層106は窒化ケイ素材料であってよく、第2の材料層108は酸化ケイ素材料であってよい。別の実装では、第1の材料層106は酸化ケイ素材料であってよく、第2の材料層108は窒化ケイ素材料であってよい。

【0014】

【0017】 材料層104は一般的に、3次元(3D)NANDデバイスの形成に適した配置にある材料から製造される。一実装では、材料層104は、約24を超える材料層、約32を超える材料層、約48を超える材料層、約54を超える材料層、或いは約64を超える材料層を含みうる。ある実装では、本書に提示された開示は、約48を超える材料層を有する高度な3D NANDデバイスに対して実装されうる。

【0015】

【0018】 第1のハードマスク110は、材料層104の上に堆積されうる。第1のハードマスク110は、様々なプラズマベースのエッチング処理によるエッチングに適した炭素質材料を含みうる。第1のハードマスク110への利用に適した材料には、カリフォルニア州サンタクララのアプライドマテリアルズ社から、Advanced Patterning Film(APF)という商標名で入手可能なドーブされた又はドーブされていないアモルファスカーボン材料が含まれる。第1のハードマスク110の厚さ114は、約1 μ mと約2 μ mの間、例えば、1.5 μ mであってよい。しかしながら、厚さ114は、下位材料層104と共に、所望のエッチング及びパターンニングの特性に依存しうるということが想定されている。例えば、第1のハードマスク110は、第1のハードマスク110及び/又は材料層104の適切な構造一体性を維持する一方で、材料層104のその後のエッチングに用いられる処理の化学的性質及び条件に対する材料の抵抗力によって決まる厚さで形成又は堆積されうる。

【0016】

【0019】 第2のハードマスク112は、第1のハードマスク110の上に堆積されうる。第2のハードマスク112は誘電体材料であってよく、約20 μ mから約200 μ mの間、例えば、約50 μ mから約100 μ mの間、約80 μ mなどの厚さ116を有しうる。第1のハードマスク110と同様に、第2のハードマスク112の厚さ116は、その後のエッチング処理中の所望の性能に応じて選択されうる。一実装では、第2のハードマスク112は、誘電体反射防止被覆(DARC)として機能し、及び/又はスピントン技術によって適用されるその後の有機膜の接着を改善することがあり、そうでない場合

10

20

30

40

50

には第1のハードマスク110に十分に接着しないことがある。第2のハードマスク112は単一の膜、或いは少なくともシリコン材料から構成される複数層の膜になりうる。第2のハードマスク112はまた、窒素及び/又は酸素を含み、二酸化ケイ素材料、窒化ケイ素材料、又は酸窒化ケイ素材料を形成しうる。第2のハードマスク112の組成及び厚さは、デバイス特徴のフォトリソグラフィックパターンニング中に使用される所望の波長に対して、最小限の反射と高いコントラストをもたらすように調整されうる。

【0017】

【0020】 フォトレジスト層118は第2のハードマスク112上に配置されうる。フォトレジスト層118は、あらかじめパターンニングされたものとして示されている。適切なパターンニング技術には、基板102の上に形成されるデバイス特徴の所望のピッチ及びCDに応じて、193nmフォトリソグラフィ、193nm液浸リソグラフィ、及び極紫外線(EUV)リソグラフィが含まれる。自己整合ダブルパターンニング(SADP)などのダブルパターンニング処理、及び自己整合四重パターンニング(SAQP)処理が、フォトレジスト層118のパターンニングに利用されうることも想定されている。フォトレジスト層118に利用されうる適切な材料には、ポリマーなど、とりわけ有機ポリマーなどが含まれる。

10

【0018】

【0021】 図2は、本書に記載の実施形態による、第1のエッチング処理後の基板の一部の概略断面図を示す。あらかじめパターンニングされたフォトレジスト層118は一般的に、第1のエッチング処理で利用されるパターンを提供する。図示した実装では、第1のエッチング処理は、第1のハードマスク110の隣接部分の間に凹部202を形成するため、第2のハードマスク112と第1のハードマスク110をエッチングしうる。第1のエッチング処理は、第1のハードマスク110及び第2のハードマスク112のエッチングに適した化学的性質を用いるプラズマエッチング処理であってもよい。例えば、任意の既知の $C_xH_yF_z$ など(例えば、 CHF_3 、 CH_2F_2 、 CHF_3 など)のフッ化炭素前駆体、及び/又は任意の既知の C_xF_y (例えば、 CF_4 、 C_2F_6 、 C_4F_8 、 C_4F_6 、 C_5F_8 など)は、第1のハードマスク110と第2のハードマスク112の一部を取り除いて凹部202を形成するため、エネルギー供給されてプラズマになりうる。 N_2 などのキャリアガス又は不活性ガスはまた、プラズマの形成中に供給されうる。

20

【0019】

【0022】 プラズマは、所望のプラズマ特性及びハードウェア実装に応じて、誘導結合プラズマ技術、容量結合プラズマ技術、及び/又は遠隔プラズマ技術によって形成されうる。一般的に、前駆体は、約50MHz以下、例えば、約13.56MHzの周波数を有する低周波数バイアス電力RFジェネレータによって、エネルギー供給されうる。第1のエッチング処理は時間依存性があるがよく、凹部に対して十分な時間だけ実施されてよく、材料層104を曝露することが想定されている。

30

【0020】

【0023】 図3は、本書に記載の実装により、第3のハードマスク302を共形に堆積した後の基板102の一部の概略断面図を示している。ある実装では、第3のハードマスク302は、約98%を超える共形性で堆積されうる。本書で使用されているように、「共形の(conformal)」、又は「共形に(conformally)」という用語は、膜の平均的な厚みに対して1%未満の変動を有する厚みで露出面に付着して、その面を均一に覆う層のことを指す。例えば、1000の厚さの膜は、厚さにおいて10%未満の変動を有することになる。この厚み及び変動は、凹部の端部、角部、側部、及び底部を含む。

40

【0021】

【0024】 ある実装では、第3のハードマスク302の厚さ304は、約5nmから約15nmの間、例えば、約10nmになりうる。第3のハードマスク302の共形性により、第3のハードマスク302は、第2のハードマスク112、第1のハードマスク110、及び材料層104など、様々な材料の上に堆積されうる。凹部202によって画定

50

され、結果として得られる第1及び第2のハードマスク特徴のCD306は、約20nmから約100nmの間、例えば、約50nmから約80nmの間になりうる。したがって、CDの低減は、第3のハードマスク302を第1のハードマスク110及び第2のハードマスク112と組み合わせて利用することによって実現されうる。

【0022】

【0025】 第3のハードマスク302は、ある実装では、ホウ素がドーブされたアモルファスカーボン材料であってもよい。本書で利用されているように、ホウ素がドーブされた炭素質材料は、少なくとも1重量%のホウ素と少なくとも20重量%の炭素からなる材料を含む。このクラスの材料に含まれているのはホウ素リッチアモルファスカーボンで、典型的には、約25重量%を超えるホウ素と約50重量%を超える炭素からなる。

10

【0023】

【0026】 第3のハードマスク302は、スプレーオン/スピノンの方法、熱堆積処理(CVD)、又はプラズマ化学気相堆積処理(PECVD)で形成されうる。一実装では、第3のハードマスク302は、典型的な熱分解炭素、黒鉛炭素、及びダイヤモンド状炭素のハイブリッドである膜特性を決定するsp1、sp2、及びsp3結合状態を有する、少なくとも50重量%の炭素からなる炭素材料を形成するため、CVD又はPECVDのどちらかで堆積される。ある実装では、第3のハードマスク302は、メタン、プロピレン、プロピン、プロパン、ブタン、ブチレン、ブタジエン、アセチレン、トルエン、及びジボランなどのホウ素源とこれらの混合物などの、炭化水素前駆体を用いて、PECVD処理で形成されうる。第3のハードマスク302はまた、ある実装では、窒素又は他の添加物を含みうる。典型的な第3のハードマスク材料は、Advanced Patterning Film(APF)という商標名で、より具体的には、ホウ素がドーブされたAPFcという名称の一連のAPF類の材料として、カリフォルニア州サンタクララのアプライドマテリアルズ社から市販されている。

20

【0024】

【0027】 第3のハードマスク302が窒素を含む実装では、材料は炭窒化ホウ素材料と称されることもある。本書で使用されているように、「炭窒化ホウ素」という用語はホウ素、炭素及び窒素を含む膜を意味する。幾つかの実装では、炭窒化ホウ素膜は基本的にホウ素、炭素及び窒素からなり、ホウ素、炭素及び窒素が、原子百分率で膜の少なくとも80%を構成することを意味する。幾つかの実装では、炭窒化ホウ素膜は基本的にホウ素、炭素、窒素、及びオプションにより水素原子からなる。

30

【0025】

【0028】 一実施例では、炭窒化ホウ素材料は、ジメチルアミンボラン[(CH₃)₂NH·BH₃](DMA B)前駆体を用いた熱CVD処理によって堆積されうる。DMA Bは、蒸気圧を高めるため温缶内で加熱されてよく、また、超高純度(UHP)Arキャリアガスを用いて処理チャンバに供給されてもよい。温缶の温度は室温から約150°Cの範囲で変動しうる。Arキャリアガスの流量は、約100sccmから約2000sccmの範囲で変動しうる。炭窒化ホウ素膜の元素組成を制御するため、NH₃、H₂、C₃H₆共反応体ガスはCVDチャンバに供給されうる。チャンバ温度は、約300°Cから約550°Cの範囲で変動しうる。処理チャンバ圧力は、約100mTorrから約100Torrの範囲で変動しうる。第3のハードマスク302の堆積に適した処理チャンバの例は、カリフォルニア州サンタクララのアプライドマテリアルズ社から入手可能なPRODUCER(登録商標)処理装置群である。しかしながら、他の製造業者のAPF膜堆積用に構成された他のチャンバも、第3のハードマスク302を共形に堆積するように利用されうるということが想定されている。

40

【0026】

【0029】 図4は、本書に記載の実装により、第2のエッチング処理を実施した後の基板102の一部の概略断面図を示している。一般的に、第2のエッチングは、層104内にチャンネル402を形成するため、材料層104をエッチングするように構成されている。第2のハードマスク112及び第3のハードマスク302はまた、第2のエッチング

50

処理中又は処理後に除去されうる。第2のエッチング処理中の材料エッチング選択性の改良はまた、第1のハードマスク110と組み合わせて第3のハードマスク302を利用することによって実現されうる。ハードマスク除去特性はまた、互いに組み合わせてハードマスクを利用することによって維持されうると考えられている。

【0027】

【0030】 例えば、高度で特徴的な積層のために、チャンネル402の垂直プロファイルは、第3のハードマスク302のエッチング速度と比較した場合の材料層104のエッチング速度により改良されうる。ある実装では、材料層104のエッチング速度は、第3のハードマスク302のエッチング速度よりも約3.5倍から約4.0倍大きくなりうる。したがって、第3のハードマスク302が除去されると、チャンネル402の適切な深さと垂直プロファイルが実現されうる。

10

【0028】

【0031】 第2のエッチング処理は、 $\text{CH}_4/\text{N}_2/\text{O}_2$ 前駆体と CHF 、 CF_4 、 SF_6 、 C_2F_6 などのフッ素リッチ前駆体との組み合わせによるプラズマベースエッチング処理であってよい。フッ素リッチソースの追加は、第3のハードマスク302でのホウ素の除去を促進し、一方、 CH_4 前駆体（及び、ある程度のフッ化炭素前駆体）は主に、材料層104の酸化物/窒化物材料の除去を促進しうる。 N_2 及び O_2 前駆体はまた、その後のアッシュ処理が不要になるように、第3のハードマスク302のアッシュ処理を促進しうる。言い換えるならば、第3のハードマスク302（及び第2のハードマスク112）のアッシュ処理は、材料層104内にチャンネル402を形成する第2のエッチング処理中に、インシトゥ（その場）で実施されうる。第2のエッチング処理の実施に適した装置には、**ENABLER**（登録商標）エッチングチャンバ、**AdvantEdge G3**エッチングチャンバ、及び**C3**エッチングチャンバがあり、これらはすべてカリフォルニア州サンタクララのアプライドマテリアルズ社から入手可能である。他の製造業者の他の適切に構成されたチャンバも、本書に記載の第2のエッチング処理を実施するために利用されうる。したがって、

20

【0029】

【0032】 要約すると、パターンニング処理は、第2のハードマスク112をパターンニングするために利用され、第1のエッチング処理は、第1のハードマスク110及び第2のハードマスク112のうち一方、又は両方をエッチングするために利用されうる。第1のエッチング処理中に第1のハードマスク110に凹部202を形成した後、第3のハードマスク302は、材料層104、第1のハードマスク110、及び第2のハードマスク112の上に共形に堆積されうる。第2のエッチング処理は次いで、材料層104にチャンネル402を形成するため、及び、基板102から第2のハードマスク112及び第3のハードマスク302を除去するために、実施されうる。したがって、**CD**及び垂直プロファイルなどのチャンネル特性、並びに、選択性などのエッチング特性の改良は、本書に記載の実装を利用することによって実現されうる。

30

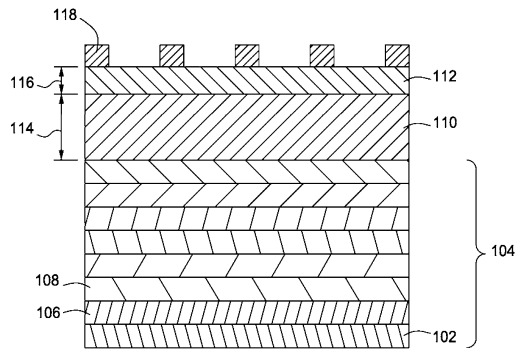
【0030】

【0033】 以上の記述は本開示の実装を対象としているが、本開示の基本的な範囲から逸脱することなく本開示の他の実装及び更なる実装が考案されてよく、本開示の範囲は、下記の特許請求の範囲によって決定される。

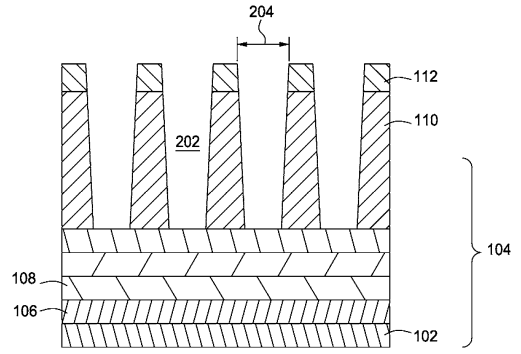
40

【図面】

【図 1】

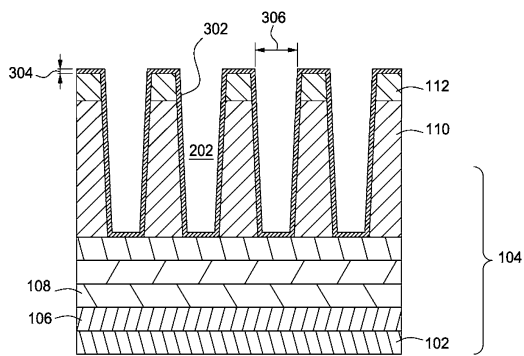


【図 2】

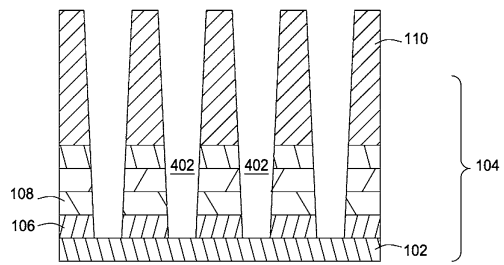


10

【図 3】



【図 4】



20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L 29/792(2006.01)

6 8 , ダブリン , タル ウェイ 4 4 1 7

(72)発明者

チェン , ルイ

アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 0 5 1 , サンタ クララ , グラナダ アヴェニュー 3 5 0
0 , アpartment 1 2 0

(72)発明者

マリック , アブヒジット バス

アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 4 5 3 9 , フリーモント , マスターズ コート 4 7 8 6 3

(72)発明者

ピン , アル - シュアン

アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 4 5 3 9 , フリーモント , キャニオン ハイッ ドライブ 3
9 5 4 1

(72)発明者

アン , ジェス

アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 4 5 5 5 , フリーモント , ノロッコ サークル 4 4 0 1

審査官 加藤 俊哉

(56)参考文献

米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 2 1 3 0 5 9 (U S , A 1)

米国特許出願公開第 2 0 1 3 / 0 1 6 4 9 2 2 (U S , A 1)

国際公開第 2 0 1 4 / 0 6 9 5 5 9 (W O , A 1)

米国特許出願公開第 2 0 0 5 / 0 1 3 6 6 7 5 (U S , A 1)

特表 2 0 1 3 - 5 4 0 3 5 9 (J P , A)

特開平 1 1 - 3 5 0 1 1 0 (J P , A)

特表 2 0 0 7 - 5 0 7 0 9 1 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

H 1 0 B 4 3 / 2 7

H 0 1 L 2 1 / 3 0 6 5

H 1 0 B 4 1 / 2 7

H 0 1 L 2 1 / 3 3 6